



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2002230720 A**(43) Date of publication of application: **16.08.02**

(51) Int. Cl

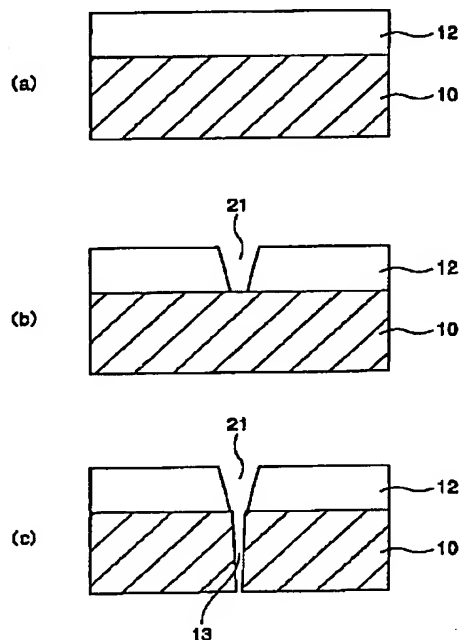
**G11B 5/39**  
**G11B 5/31**
(21) Application number: **2001025972**(22) Date of filing: **01.02.01**(71) Applicant: **TOSHIBA CORP**
(72) Inventor: **HARA MICHIKO**  
**HASHIMOTO SUSUMU**  
**OSAWA YUICHI**
**(54) MANUFACTURING METHOD FOR THIN FILM  
 MAGNETIC HEAD**

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To make it possible to form a magnetic gap of a thin film magnetic head more finely in satisfactory yield.

**SOLUTION:** A magnetic yoke film 10 is formed on a substrate and a sacrifice layer 12 containing a material having the etching rate by a focusing ion beam slower than that of the magnetic yoke film is formed on the magnetic yoke film. The sacrifice layer and a part area of the magnetic yoke film, exposed by etching of the sacrifice layer, are etched and removed by the focusing ion beam to form the magnetic gap in the magnetic yoke.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-230720  
(P2002-230720A)

(43) 公開日 平成14年8月16日 (2002.8.16)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト* (参考)
G 1 1 B	5/39	G 1 1 B	5 D 0 3 3
	5/31	5/31	E 5 D 0 3 4

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2001-25972(P2001-25972)

(22) 出願日 平成13年2月1日 (2001.2.1)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝  
東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 原 通 子

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会  
社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 橋 本 進

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会  
社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 100075812

弁理士 吉武 賢次 (外4名)

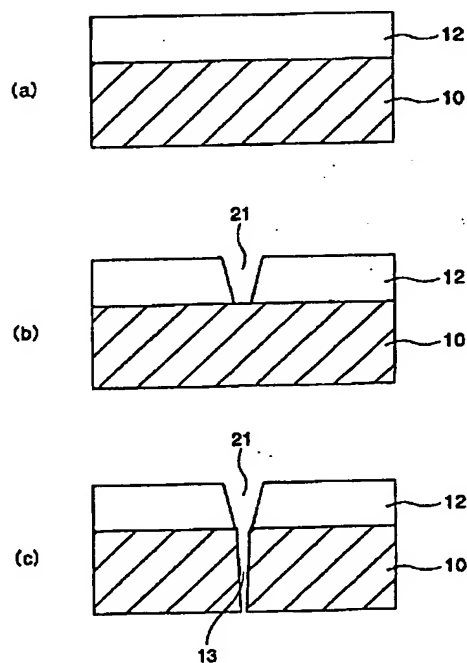
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 薄膜磁気ヘッドの磁気ギャップをより微細に、歩留まり良く作成すること可能にする。

【解決手段】 基板上に磁気ヨーク膜10を形成し、集束イオンビームエッチングによるエッチングレートが磁気ヨーク膜より遅い材料を含有する犠牲層12を磁気ヨーク膜上に形成し、集束イオンビームにより犠牲層及び犠牲層のエッチングにより露出した磁気ヨーク膜の部分領域をエッチング除去することにより磁気ヨークに磁気ギャップを形成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】基板上に磁気ヨーク膜を形成し、集束イオンビームエッチングによるエッチングレートが前記磁気ヨーク膜より遅い材料を含有する犠牲層を前記磁気ヨーク膜上に形成し、前記集束イオンビームにより前記犠牲層及び前記犠牲層のエッチングにより露出した前記磁気ヨーク膜の部分領域をエッチング除去することにより前記磁気ヨークに磁気ギャップを形成することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項2】基板上に磁気ヨーク膜を形成し、前記磁気ヨーク膜上に開口を有するエッチングマスクを前記磁気ヨーク上に形成し、前記開口の底に露出する前記磁気ヨーク膜を集束イオンビームによりエッチング除去し、磁気ギャップを形成することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項3】前記集束イオンビームによる前記磁気ヨーク膜のエッチング除去の際に、イオンビームと異なる元素を含むガス、 $F_2$ 、 $Cl_2$ 、 $Br_2$ 、 $I_2$ 、 $CO$ 、 $NH_3$ 、 $O_2$ 、 $BCl_3$ のうち少なくとも1種類のガスを前記磁気ヨーク膜が形成された前記基板表面に導入することを特徴とする請求項1または2記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、磁気ディスク装置をAV（音響映像）機器用途で使用する狙って、磁気ヘッドの低価格化が進められている。水平型の薄膜磁気ヘッドは、スライダ浮上面をウェハ基板単位で加工することができ、低価格化を実現するヘッド構造として注目されている。

【0003】特開平6-4829号公報に示された水平型薄膜磁気ヘッドの製造方法の従来例を図9に示す。この従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、まず、図9

(a)に示すように、基板61上に第1磁極層62を形成し、この第1磁極層62を含む基板61上に第1層間絶縁層63をパターン形成するとともに、第1層間絶縁層63上に第1磁極層62の両端部をそれぞれ中心とする一対の渦巻き状のコイル導体層64と、第1磁極層62上に対応する一対のコイル導体層64部分上に第2層間絶縁層65と、を順に形成し、第2層間絶縁層65上にギャップ形成用の $Al_2O_3$ 膜66を被着し、この $Al_2O_3$ 膜66上にギャップ形成用のレジストマスク67をパターン形成する。次に、図9(b)に示すように、レジストマスク67をマスクにして $Al_2O_3$ 膜66をイオンミリング法によりバターニングしてギャップ層68を形成し、このギャップ層68を含む第2層間絶縁膜65上にレジストを塗布後、このレジストをバター

ニングし、レジストパターン69を形成する。そして、このレジストパターン69を熱硬化することにより、図9(c)に示すように、レジストパターン69を傾斜状の傾斜部70あるいは円弧形状の円弧形状部70に変形させる。その後、図9(d)に示すように、傾斜部70あるいは円弧形状部70を有するギャップ層68を含む第2層間絶縁層65上と第1磁極層62の両端の露出部に第2磁極層71と、この第2磁極層71およびその両側に露出するコイル導体層64部分上に保護膜72を被着し、第2磁極層および保護膜72を、図中の一点鎖線Bで示す部分まで研磨加工し、ギャップ層68、第2磁極層71、および保護膜72が露出する媒体対向面を形成することにより、水平薄膜磁気ヘッドを完成する。

【0004】この従来の製造方法においては、磁気ギャップと磁気ヨーク（第2磁極層71）の形成に関しては、まずギャップ長を規定する幅をもった磁気ギャップ68を先に形成し、その周りに磁気ヨークとなる磁性材料膜71を形成する手法がとられている。

【0005】また、特開平10-83522号公報に示される別の水平型薄膜磁気ヘッド製造方法の従来例を図10、11に示す。この従来の製造方法は、まず、図10(a)に示すように、例えば金属層、絶縁層、磁気抵抗層、絶縁層、及び金属層が積層されたスタック51上に絶縁層52を形成し、その後、図10(b)に示すように、この絶縁層52をバターニングする。続いて、図10(c)に示すように全面に絶縁層53を堆積し、その後、絶縁層53を異方性エッチングし、絶縁層52の側面にのみ絶縁層53を残置する（図10(d)参照）。そして、図10(e)に示すように、絶縁層52を除去することにより、絶縁層53からなる磁気ギャップが形成される。次に、図11(a)に示すように、全面に磁性層54を形成した後、磁気ギャップ53が露出するまで磁性層54を例えば研磨加工することにより磁気ヨーク54を形成する（図11(b)参照）。

【0006】この従来例でも、まず、ギャップ長を規定する幅をもった磁気ギャップ53を先に形成し、その周りに磁気ヨークとなる磁性材料膜54を形成する手法がとられている。

【0007】上述した従来の製造方法を使用した場合、特に磁気ヨーク膜をスパッタリング法で形成した場合、磁気ギャップからなる段差に成膜されることとなるため、段差の側壁面と段差の底面の2方向から磁気ヨーク膜は成長することになる。このため、磁気ヨーク膜は不均一な膜質になり、磁気ヨーク膜の磁気特性の向上は困難である。

【0008】特に例えば記録密度が200Gbps/inch（Giga-bit per square inch）相当の高記録密度ヘッドになった場合、20nm相当の小さいギャップ長が求められ、磁気ヨーク膜の不均一な成長が起こると、それが擬似的な磁気ギャップとなり、実質的なギャップ長を狭

めることが難しいことになる。

【0009】この問題を解決する方法としては、予め磁気ヨーク膜を成膜し、それに磁気ギャップ相当の大きさを持つスリットを形成し、それに非磁性体を埋め込んで磁気ギャップとする方法が考えられる。この場合、磁気ヨーク膜をエッチングして磁気ギャップを形成することになるが、記録密度が200Gbps i相当の磁気ギャップを形成するには、幅約20nm、深さ約50nmで略垂直な側壁を有する微細なスリットが必要である。また、磁気ヨーク膜のエッチング方法として、従来から用

いられているイオンミリング法を使用した場合は、イオンミリング法が、飛来してくるイオンを被エッチング物に衝突させ、物理的なスパッタリングによってエッチングを進行させる方法であるため、どうしてもスリット底面からスパッタリングされた物質のエッチング面の側壁、またエッチングマスク側壁への再付着が起り、エッチング中にマスク形状が変化していくことになる。このため、上述したような微細なスリットを形成することはできない。

【0010】また磁気ヨーク膜の別のエッチング方法として、異方性エッチングを狙って被エッチング物に対して、蒸気圧の高い反応物を作り易いガスを添加して化学反応を利用したリアクティブ・イオン・エッチング（以下、RIEともいう）も提案されている。しかし、磁気ヨークを構成する磁性材料が高蒸気圧の反応生成物を作りにくいという物質特有の性質があり、エッチングマスクに対して高選択比を確保できるプロセスを確立できないため、微細なスリットを形成する点でまだ製造に使用できるほどの信頼性の高いプロセスは完成されていない。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】そこで、磁気ヨーク膜にスリットを形成する方法として、集束イオンビーム（以下、FIBともいう）を用いたエッチング方法が考えられる。RIEなどに対してFIBを利用したエッチングの特徴は、エッチングマスクのパターンを転写させるのではなく、イオンビームを走査させることにより被エッチング物にパターンを形成することが可能であり、被エッチング物の対エッチングマスク選択比の考慮は不必要で、略垂直な側壁を具備した微細なスリットが形成できる。

【0012】FIBは、液体金属イオン源の開発後、微細なイオンビームが得られるようになり、半導体、マイクロマシン分野、また磁気ヘッド分野でエッチング工程に広く使われている。磁気ヘッドの製造分野では、媒体対向面から記録ヘッドのボール幅を規定するための加工に主に使用されている。現在、FIBエッチング装置として主流となっているのは、加速電圧が20～50kVで、ビーム径が10～100nmのものである。

【0013】上記した従来技術で述べたように、水平型

磁気ヘッドにおける磁気ギャップと磁気ヨークを、今後のさらなる高記録密度ヘッドに対応する仕様で形成するのに十分な製造方法は知られていない。

【0014】最も狭ギャップ化に有利と見られているFIBを利用したエッチングを利用して磁気ヨーク膜に磁気ギャップとなるスリットを形成する方法でさえ、200Gbps iの記録密度では、20nmと予想されているギャップ長を歩留まりよく製造することは難しいことが我々の実験により、明らかになってきた。その理由を以下に示す。

【0015】FIBを使用したエッチングは、イオンビームを走査させてパターンを形成するという性格上、パターンの微細化はイオンビームのビーム径で決まることになる。イオンイオンビーム径を小さい装置を作るには加速電圧を高くすることが考えられるが、このことは装置自身のコストが上がるだけでなく、被エッチング物のイオンビームによる損傷（イオンの打ち込まれ、結晶構造の乱れ等）が大きくなるので、水平ヨーク形薄膜磁気ヘッドの磁気ギャップの形成に用いた場合は、磁気ギャップ近傍の磁気ヨーク膜の磁気特性、主には軟磁気特性の劣化を招く恐れがある。

【0016】また、エッチング形状の観点では、FIBエッチングによって、スリットを形成する場合、どうしてもエッチングレートは、イオンビームを形成するイオンの入射角度に依存するため、角部の部分のレートが速くなり、スリット上部の角が丸くなりやすく、だれた形状になり、幅が広がりやすい。また、エッチングが進行していくに従い、スリット開口幅は小さくなる傾向があるため、垂直に立っている側壁は得られない。

【0017】また、水平ヨーク形薄膜磁気ヘッドでは、磁気ヨーク膜の下には、磁気ヨークが吸い上げた磁束を感知する磁気抵抗効果膜が配置されているため、磁気ヨーク膜に磁気ギャップとなるスリットを形成するエッチングプロセスは、磁気ヨーク膜の下に配置された材料に対し、高選択比を確保できて、磁気抵抗効果膜にダメージを与えないことが望ましい。しかしながら、FIBを利用したエッチング法では、イオンビームを形成するイオンが被エッチング物に衝突して、物理的なスパッタリングが起ることにより、エッチングが進行するので、被エッチング物の材料の違いによってエッチングレートの大きな差を得ることが困難であり、選択比を確保できない。

【0018】また、幅20nm程度のスリットを作製するには、ビーム径10nm程度のイオンビームを用いても1回もしくは数回のビームスキャンで加工が終了するため、ビームのフォーカスがずれ、ビーム径が広がると、そのことによるスリット幅の広がりが、ばらつきとしてはかなり大きくなって歩留まりを劣化させてしまう。

【0019】本発明は、上記事情を考慮してなされたも

のであって、更なる好記録密度に対応した微細なギャップ長を有する薄膜磁気ヘッドを可及的に歩留まり良く製造することのできる薄膜磁気ヘッドの製造方法を提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明による薄膜磁気ヘッドの製造方法の第1の態様は、基板上に磁気ヨーク膜を形成し、集束イオンビームエッチングによるエッチングレートが前記磁気ヨーク膜より遅い材料を含有する犠牲層を前記磁気ヨーク膜上に形成し、前記集束イオンビームにより前記犠牲層及び前記犠牲層のエッチングにより露出した前記磁気ヨーク膜の部分領域をエッチング除去することにより前記磁気ヨークに磁気ギャップを形成することを特徴とする。

【0021】このように構成された本発明による製造方法によれば、磁気ヨーク膜上に形成された、磁気ヨーク膜よりもエッチングレートの遅い犠牲層にFIBエッチングを用いて溝を形成し、この溝をマスクとして磁気ヨーク膜をFIBを用いてエッチングして、磁気ヨーク膜に溝を形成している。このため、イオンビーム発生装置の加速電圧を上げることなく、イオンビーム発生装置から発生されるイオンビームの加工幅より、磁気ヨーク膜に細い幅の溝を形成することが可能となり、磁気ヨークの軟磁気特性の劣化を可及的に防止することができるとともにスリット幅のバラツキを可及的に小さくすることができ、これにより、微細な磁気ギャップを有する薄膜磁気ヘッドを可及的に歩留まり良く製造することができる。また、イオンビーム発生装置の加速電圧を上げる必要がないため、磁気ギャップ近傍の磁気ヨーク膜の磁気特性の劣化を防止することが可能となり、磁気ヨーク膜の信頼性を向上させることができる。

【0022】また、本発明による薄膜磁気ヘッドの製造方法の第2の態様は、基板上に磁気ヨーク膜を形成し、前記磁気ヨーク膜上に開口を有するエッチングマスクを前記磁気ヨーク上に形成し、前記開口の底に露出する前記磁気ヨーク膜を集束イオンビームによりエッチング除去し、磁気ギャップを形成することを特徴とする。

【0023】このように構成された本発明の製造方法によれば、磁気ヨーク膜に形成される溝の幅は、FIBエッチングの加工限界が規定するのではなく、エッチングマスクが規定することになるので、イオンビーム発生装置の加速電圧を上げることなく、FIBエッチングの加工限界より小さな幅を持つ溝を形成することが可能になる。またより微細な溝を形成する場合に、ビームのフォーカスがずれたことによるビーム径の広がり、溝の幅に対して無視できなくなったときにも、溝の幅はエッチングマスクが規定することになるので、溝の幅の広がりが起こることなく、歩留まりの劣化を防ぐことができる。また、イオンビーム発生装置の加速電圧を上げる必要がないため、磁気ギャップ近傍の磁気ヨーク膜の磁気

特性の劣化を防止することが可能となり、磁気ヨーク膜の信頼性を向上させることができる。

【0024】なお、前記集束イオンビームによる前記磁気ヨーク膜のエッチング除去の際に、イオンビームと異なる元素を含むガス、 $F_2$ 、 $Cl_2$ 、 $Br_2$ 、 $I_2$ 、 $CO$ 、 $NH_3$ 、 $O_2$ 、 $BCl_3$ のうち少なくとも1種類のガスを前記磁気ヨーク膜が形成された前記基板表面に導入するように構成しても良い。上記集束イオンビームエッチングでは、加速電圧が20keV以上、ビーム径が100nm以下のイオンビームを用いることができる。加速電圧は20keV以上50keV以下としても良い。また、ビーム径は10nm以上100nm以下としても良い。

【0025】

【発明の実施の形態】本発明による薄膜磁気ヘッドの製造方法の実施形態を以下、図面を参照して説明する。

【0026】(第1実施形態)本発明による薄膜磁気ヘッドの製造方法の第1実施形態を図1乃至図3を参照して説明する。図1および図2は、第1実施形態の製造工程を示す工程断面図、図3は、第1実施形態の製造方法によって製造される薄膜磁気ヘッドのトラック長手方向の断面図である。

【0027】この実施形態の製造方法によって製造される薄膜磁気ヘッドは、図3に示すように、Cu等からなる電極2上に垂直通電型磁気抵抗効果膜(以下、MR膜ともいう)4が形成され、このMR膜4の側面および電極2を覆うように絶縁膜8が形成されている。そして、MR膜4の頂面および絶縁膜8を覆うように例えばNiFe、CoZrNb等の軟磁性材料からなる磁気ヨーク10が形成され、この磁気ヨーク10にはMR膜4に通じるギャップが形成され、このギャップに非磁性材料が埋め込まれて磁気ギャップ15が形成されている。また、磁気ヨーク10の周囲はアルミナ等の保護膜16で覆われている。そして、媒体対向面にはDLC(Diamond Like Carbon)18が形成されている。なお、MR膜4の最上層には、例えばTa、Cu、TiNなどの材料からなる膜が配置されており、これらは膜面垂直方向に電流を流す電極の一部を構成するとともに、磁気ヨーク10に磁気ギャップ15相当の幅を持つスリットを加工する際には、垂直通電型MR膜4がオーバーエッチングされるのを防ぐ。

【0028】次に、本実施形態の製造方法を説明する。まず、図示しない基板上に電極膜2を形成しその上に、垂直通電型MR膜4を形成する(図1(a)参照)。その後、MR膜4上にレジストパターン6を形成し、このレジストパターン6をマスクとしてMR膜4をパターニングする(図1(b)参照)。パターニング終了後、全面に絶縁膜8を成膜(図1(c)参照)する。その後、リフトオフすることにより、図1(d)に示すようにMR膜4の頂面のみが露出し、MR膜4の側面および電極

7

膜2が絶縁膜8によって覆われる。

【0029】次に、図2(a)に示すように、磁性材料からなる磁気ヨーク膜10を成膜し、この磁気ヨーク膜10上に、次の工程で用いられるFIBエッチングでのエッチングレートが磁気ヨーク膜10より遅い材料からなる犠牲層12を成膜する。犠牲層12の材料としては、エッチングレート以外に限定するものは特にない。例えば、アルミナ、TiN等が使用される。また磁性体を使用しても良い。

【0030】次に、犠牲層12、ヨーク膜10と連続してFIBエッチングを行なうことにより、磁気ギャップを埋め込み形成するためのスリット13を磁気ヨーク膜10に形成する(図2(b)参照)。このとき、エッチングエンドポイント(エッチングストップ)としては、MR膜4の最上層に配置されたTiNが使用される。

【0031】この実施形態で用いられる、FIBエッチングを用いた上記スリット13の形成方法の具体例を、図4を参照して説明する。まず、図4(a)に示すように磁気ヨーク膜10に対してエッチングレートの遅い材料で構成されている犠牲層12を磁気ヨーク膜10上に形成し、その後、集束イオンビーム(FIB)エッチングを用いて犠牲層12をエッチングし、犠牲層12に溝21を形成する(図4(b)参照)。その後、溝21が形成された犠牲層12をマスクとして磁気ヨーク膜10をFIBを用いてエッチングし、磁気ヨーク膜10にスリット13を形成する(図4(c)参照)。犠牲層12は、磁気ヨーク膜10よりエッチングレートが遅いので、磁気ヨーク膜10のエッチングが進行している間に、横方向にエッチングが進む速度が遅く、イオンビームに対して、マスク効果を発揮し、イオンビームを更に絞って磁気ヨーク膜10に到達させる効果をもたらす。この結果、イオンビーム発生装置から発生されるイオンビームの加工幅より、細い幅でヨーク膜にスリット13を形成することができる。

【0032】再び図2に戻り、上述したようにして磁気ヨーク膜10にスリット13を形成した後、非磁性材料をスリット13に埋め込み形成することにより、磁気ギャップ15が形成される(図2(c)参照)。このとき、まず磁気ヨーク膜10、MR膜4の最上層に対して選択的にエッチングが進行するプロセス、例えばRIE(、CDE(Chemical Dry Etching)、ウェットエッチング等を用いて、犠牲層12を選択的に除去して、その後、磁気ギャップ15となる材料をスパッタリング、めっき等で埋め込み形成してもよい。それに続いて、必要があれば、磁気ギャップ15付近にCMP(Chemical Mechanical Polishing)を行なうことは、なんら問題はない。また、スリット13を形成後、犠牲層12は除去せずに、磁気ギャップ15を埋め込み形成し、その後、磁気ヨーク膜10の表面に付着した磁気ギャップ15を形成する材料と犠牲層12を一括でCMPにより除去を行

8

ない、磁気ヨーク膜10の表面を露出させてもよい。この場合には、犠牲層12にCMPの終点検出として利用できるものを選択することにより、プロセス安定性を向上させることができる。

【0033】次に、トラック幅、トラック長方向の幅を規定するために、磁気ヨーク先端部のエッチング加工を行ない(図2(c)参照)、その後、周囲を保護膜13で覆い、CMPを行なって媒体対向面を形成することによって薄膜磁気ヘッドを完成する(図2(d)参照)。なお、磁気ヨーク10の媒体対向面の耐摩耗性を増すために薄膜磁気ヘッドの媒体対向面に、必要に応じてDLC(Diamond Like Carbon)膜18を成膜する(図2(d)参照)。

【0034】以上説明したように、本実施形態の製造方法によれば、磁気ヨーク膜10上に形成された、磁気ヨーク膜10よりもエッチングレートの遅い犠牲層12にFIBを用いて溝21を形成し、この溝21をマスクとして磁気ヨーク膜10をFIBを用いてエッチングして、スリット13を形成している。このため、イオンビーム発生装置の加速電圧を上げることなく、イオンビーム発生装置から発生されるイオンビームの加工幅より、スリット13を細い幅で形成することが可能となり、磁気ヨークの軟磁気特性の劣化を可及的に防止することができるとともにスリット幅のバラツキを可及的に小さくすることができ、これにより、微細な磁気ギャップを有する薄膜磁気ヘッドを可及的に歩留まり良く製造することができる。

【0035】また、イオンビーム発生装置の加速電圧を上げる必要がないため、磁気ギャップ近傍の磁気ヨーク膜の磁気特性の劣化を防止することが可能となり、磁気ヨーク膜の信頼性を向上させることができる。

【0036】(第2実施形態)次に、本発明による薄膜磁気ヘッドの製造方法の第2実施形態を説明する。

【0037】この第2実施形態の製造方法は、第1実施形態の製造方法において、FIBを用いて図2(b)に示すスリット13をFIBエッチングで形成する際に、FIBのイオンビームと異なる元素を含むガス、例えばF<sub>2</sub>、Cl<sub>2</sub>、Br<sub>2</sub>、I<sub>2</sub>、CO、NH<sub>3</sub>、O<sub>2</sub>、BCl<sub>3</sub>の中から一種以上を添加しながらFIBエッチングを行う方法である。このときにも、エッチング条件は、磁気ヨーク膜10が、犠牲層12とMR膜4の最上層に対して、選択的にエッチングが進行するとともに設定するとよい。

【0038】上記添加するガスは、磁気ヨーク膜10を構成する元素、例えばFe、Co、Ni、Zr、Nbなどと一緒にイオンビームからのエネルギーが印加されることによって、カルボニル化合物、塩化物等の高蒸気圧化合物を生成する可能性がある、若しくは上記した高蒸気圧化合物の生成をアシストする効果があるもので、もし高蒸気圧化合物が形成されれば、イオンビームによる

物理的なエッチングに加えて、化学反応で高蒸気圧化合物が形成して蒸発していく化学的なエッチングが進行する。よってこれらのガスを添加したFIBエッチングでは、ガスの添加がないエッチングのときに比較して、磁気ヨーク膜10のエッチングレートが大きくなることができるため、エッチング進行に伴い磁気ヨーク膜10に混入するイオンビームを構成しているイオン（一般的な装置ではガリウムイオン）を少なくすることが可能になる。また、化学的なエッチングは材料選択性を大きくできるので、添加ガスの選択次第では、添加ガスがない場合より、磁気ヨーク膜10と犠牲層12の選択比を大きくすることも可能となり、第1実施形態に比べて犠牲層12のマスク効果をより大きくすることができる。また、磁気ヨーク膜10とこの磁気ヨーク膜10の下に配置された材料との選択比を大きくすることも可能で、磁気ヨーク膜10の下に配置された材料のエッチングストッパとしての効果を大きくすることもできるため、磁気ヨーク膜10の下、つまり媒体対向面と反対側に配置されるMR膜4へのダメージを少なくすることができる。

【0039】この第2実施形態も第1実施形態と同様に、微細なギャップ長を有する薄膜磁気ヘッドを可及的に歩留まり良く製造することができる。また、第1実施形態と同様に、イオンビーム発生装置の加速電圧を上げる必要がないため、磁気ギャップ近傍の磁気ヨーク膜の磁気特性の劣化を防止することが可能となり、磁気ヨーク膜の信頼性を向上させることができる。

【0040】（第3実施形態）次に、本発明による薄膜磁気ヘッドの製造方法の第3実施形態を、図5を参照して説明する。この第3実施形態の製造方法は、磁気ヨーク膜10を成膜するまでは、第1実施形態と同じ工程を用いる。磁気ヨーク膜10を形成した後、図5(a)に示すように、磁気ヨーク膜10上にレジストを塗布し、電子ビームを用いて露光現像することにより、磁気ギャップ長に相当する溝23を有するレジストパターン22を形成する。続いて、このレジストパターン22をマスクとして磁気ヨーク膜10をFIBエッチングすることにより、磁気ヨーク膜10にスリット13を形成する（図5(b)参照）。続いて、上記レジストパターン（マスク）22を除去した後は、第1実施形態の場合と同様に、スリット13に非磁性膜を埋め込み、磁気ギャップ15を形成する以降の工程を行い、薄膜磁気ヘッドを完成する。

【0041】この実施形態においては、レジストパターン22をマスクとして使用するため、エッチング方法は必ずしもFIBエッチングに限らず、イオンミリング、RIE等のウェハ全面を一括でエッチングできる方法を用いても構わない。しかしながら、FIBエッチングは、イオンビームを用いたエッチングという意味ではイオンミリングと同じであるが、両者の加速電圧は、FIBエッチングが数10～100倍大きく、よってビーム

のエネルギー、その指向性が著しくイオンミリングと比較して大きい。そのため、一度イオンビームによりスパッタされた物質がエッチング面の側壁に再付着を起し、エッチング形状が悪くなるといった問題がイオンミリングでは比較的起こりやすいのに対し、FIBエッチングでは、一度スパッタリングされた物質の再付着は、ほとんど観察されないため、垂直な側壁を具備した微細なスリットを加工するには、FIBエッチングがより好ましいと言える。

【0042】以上説明したように、磁気ヨーク膜10に形成されるスリット13の幅は、FIBの加工限界が規定するのではなく、レジストパターン（マスク）22が規定することになるので、イオンビーム発生装置の加速電圧を上げることなく、FIBの加工限界より小さな幅を持つスリット13を形成することが可能になる。またより微細なスリットを形成する場合に、ビームのフォーカスがずれたことによるビーム径の広がりが、スリット13の幅に対して無視できなくなったときにも、スリット幅はレジストパターン（マスク）22が規定することになるので、スリット幅の広がりが起こることなく、歩留まりの劣化を防ぐことができる。これにより、第3実施形態も第1実施形態と同様に、微細なギャップ長を有する薄膜磁気ヘッドを可及的に歩留まり良く製造することができる。また、イオンビーム発生装置の加速電圧を上げる必要がないため、磁気ギャップ近傍の磁気ヨーク膜の磁気特性の劣化を防止することが可能となり、磁気ヨーク膜の信頼性を向上させることができる。

【0043】なお、上記第3実施形態においては、マスク22は、電子線ビームを用いて露光現像したレジストパターン22を用いたが、光、X線を使用して露光現像したレジストパターンを用いても良い。また、図6に示すように、レジストパターン22をそのものをマスクとして使用するのではなく、レジストパターンを一度スパッタリングイールドの小さいアルミナ等の材料からなる膜24にエッチングで転写して、そのパターンニングされたアルミナ膜24をマスクとして使用しても良い。すなわち、図6(a)に示すように、磁気ヨーク膜10上に例えばアルミナからなる膜24を形成し、このアルミナからなる膜24上に、磁気ギャップ長に相当する溝23を有するレジストパターン22を形成する。続いて、このレジストパターン22をマスクとしてアルミナからなる膜24を例えばRIE、イオンミリング、CDE等のエッチング法を用いてパターンニングし、レジストパターン22のパターンを転写することにより、アルミナからなる膜24に溝24aを形成する（図6(b)参照）。そして、レジストパターン22を除去した後、溝24aを有する膜24をマスクとして磁気ヨーク膜10をFIBを用いてエッチングし、磁気ヨーク膜10にスリット13を形成する（図6(c)参照）。

【0044】また、図7、8に示すように、垂直な側壁



を持つ段差を形成し、その側壁に成長した膜を除去し、それをマスクとして使用しても良い。図7、8に示したマスクの製造方法を説明する。まず、磁気ヨーク膜10の上に垂直な側壁を有する膜26を形成する(図7

(a)参照)。この膜26は、例えば $\text{SiO}_2$ からなる膜を成膜して、RIEを用いてパターニングすることで得ることができる。次に、膜26上に、膜26と異なる材料からなる膜28を形成する(図7(b)参照)。膜28はどのような成膜方法を用いて形成しても構わないが、膜26の側壁に成長する膜は膜26の上部でも下部でも同じ膜厚に成長していることが望ましい。次に、膜28上に、膜28と異なる材料からなる膜30を形成し、この膜30上に例えばレジスト等の樹脂材料32をなるべく表面が平らになる条件で塗布する(図7(c)参照)。膜26と膜30は同じ材料で構成され、膜28のみ異なる材料から構成されていてもよいし、膜26、膜28、膜30全てが異なる材料から構成されていても構わない。次に、例えば、RIE、イオンミリング、CDE等のエッチング方法で、全面をエッチバックする。エッチングレートが樹脂材料32と膜30、膜28の間ではほぼ等しくなるようなエッチング条件を使用することが望ましい(図7(d)参照)。次に、例えば、RIE、CDE等の、材料の違いによってエッチングレートの差を大きくしやすいうエッチング方法を使用し、膜26の側壁に付着した膜28のみをエッチングして、溝35を具備したマスク34を形成する(図8(a)参照)。このとき、膜26と膜30は、ほとんど削られないこと、膜30の下に配置された膜28にはエッチングが進行しないことが望ましい。こうして形成した溝35を具備したマスク34を用いて磁気ヨーク膜10をFIBを用いたエッチングによりスリット13を形成する。

【0045】(第4実施形態)次に、本発明による薄膜磁気ヘッドの製造方法の第4実施形態を説明する。この第4実施形態の製造方法は、第3の実施形態の製造方法の磁気ヨーク膜10にスリット13を形成する工程において、FIBエッチングする際に、イオンビームと異なる元素を含むガス、例えば、 $\text{F}_2$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、 $\text{I}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{BCl}_3$ の中から一種以上を添加しながらFIBエッチングを行なったものである。これらのガスは、磁気ヨーク膜10を構成する元素、例えばFe、Co、Ni、Zr、Nbなどとイオンビームからのエネルギーが印加されることによって、高蒸気圧化合物を生成する可能性があるもので、もし高蒸気圧化合物が形成されれば、イオンビームによる物理的なエッチングに加えて、化学反応で高蒸気圧化合物が形成され蒸発する化学的なエッチングが進行する。よってこれらのガスを添加したFIBエッチングでは、ガスの添加がないエッチングのときに比較して、磁気ヨーク膜10のエッチングレートが大きくなるため、エッチング進行に伴いヨーク膜に混入するイオンビームを構成

しているイオン(一般的な装置ではガリウムイオン)を少なくすることが可能になる。また、化学的なエッチングは材料選択性を大きくできるので、添加ガスの選択次第では、添加ガスがない場合より、磁気ヨーク膜10とマスクの選択比を大きくすることも可能であり、これによると、第3実施形態に比べてマスク効果をより大きくすることができる。また、磁気ヨーク膜10と磁気ヨーク膜10の下に配置された材料との選択比を大きくすることも可能で、磁気ヨーク膜10の下に配置された材料のエッチングストッパーとしての効果を大きくすることもできるため、磁気10ヨーク膜の下、つまり媒体対向面と反対側に配置されるMR膜4へのダメージを少なくすることができる。

【0046】次に、第3実施形態と同様に、磁気ヨーク膜10、MR膜4の最上層に対して選択的にエッチングが進行するプロセス、例えばRIE、CDE、ウェットエッチング、アッシング等を用いて、レジストパターン22を選択的に除去して、その後、磁気ギャップ15となる非磁性材料をスパッタリング、めっき等で埋め込み形成してもよい。それに続いて、必要があれば、磁気ギャップ15付近にCMPを行なうことは、なんら問題はない。また、スリット13を形成後、レジストパターン(マスク)22は除去せずに、磁気ギャップ15を埋め込み形成し、その後、磁気ヨーク膜10の表面に付着した磁気ギャップ15を形成する材料とレジストパターン(マスク)22を一括でCMPにより除去を行ない、磁気ヨーク膜10の表面を露出させてもよい。この場合には、レジストパターン(マスク)22にCMPの終点検出として利用できるものを選択することにより、プロセス安定性を向上させることができる。その後は、図2

(c)に図示したのと同様に、トラック幅、トラック長方向の幅を規定するためヨーク先端部のエッチング加工を行なう。続いて図2(d)と同様に、周囲を保護膜16で覆い、CMPを行なって媒体対向面を形成する。媒体対向面にはDLC膜18を成膜する。

【0047】この第4実施形態においても、磁気ヨーク膜10に形成されるスリット13の幅は、FIBの加工限界が規定するのではなく、マスク22が規定することになるので、イオンビーム発生装置の加速電圧を上げることなく、FIBの加工限界より小さな幅を持つスリット13を形成することが可能になる。またより微細なスリットになった場合に、ビームのフォーカスがずれたことによるビーム径の広がり、スリット13の幅に対して無視できなくなったときにも、スリット幅はマスク22が規定することになるので、スリット幅の広がりが起こることなく、歩留まりの劣化を防ぐことができる。また、イオンビーム発生装置の加速電圧を上げる必要がないため、磁気ギャップ近傍の磁気ヨーク膜の磁気特性の劣化を防止することが可能となり、磁気ヨーク膜の信頼性を向上させることができる。



【0048】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、薄膜磁気ヘッドの磁気ギャップをより微細に、歩留まり良く作成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による薄膜磁気ヘッドの製造方法の第1実施形態の製造工程を示す断面図。

【図2】本発明による薄膜磁気ヘッドの製造方法の第1実施形態の製造工程を示す断面図。

【図3】第1実施形態の製造方法によって製造される薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図。

【図4】第1実施形態の製造方法に係るFIBエッチングを用いたギャップ形成工程の具体的な一例を示す工程断面図。

【図5】本発明による薄膜磁気ヘッドの製造方法の第3実施形態に係るFIBエッチングを用いたギャップ形成工程の第1具体例を示す工程断面図。

【図6】第3実施形態に係るFIBエッチングを用いたギャップ形成工程の第2具体例を示す工程断面図。

【図7】第3実施形態に係るFIBエッチングを用いたギャップ形成工程の第3具体例を示す工程断面図。

【図8】第3実施形態に係るFIBエッチングを用いたギャップ形成工程の第3具体例を示す工程断面図。

10

20

\*

\*【図9】従来の薄膜磁気ヘッドの製造工程を示す工程断面図。

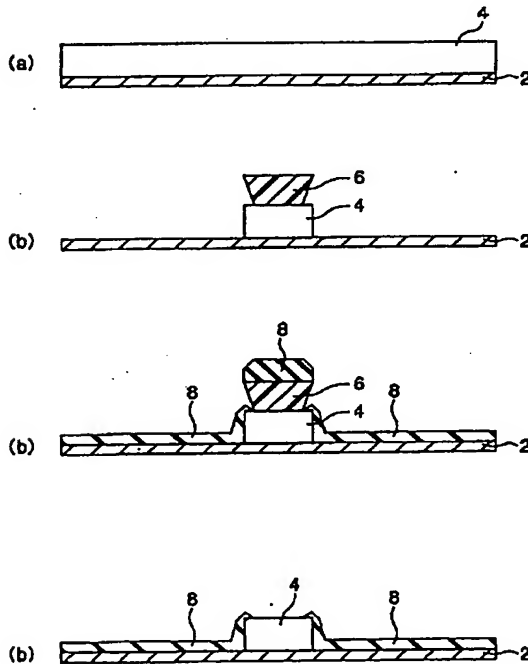
【図10】従来の薄膜磁気ヘッドの他の製造工程を示す工程断面図。

【図11】従来の薄膜磁気ヘッドの他の製造工程を示す工程断面図。

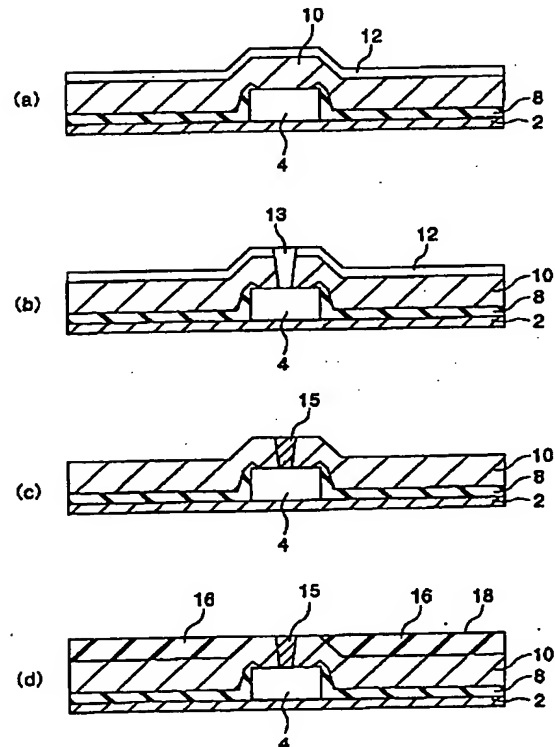
【符号の説明】

- 2 電極
- 4 垂直通電型磁気抵抗効果膜（MR膜）
- 6 レジストパターン
- 8 絶縁膜
- 10 磁気ヨーク膜
- 12 犠牲層
- 13 スリット（ギャップ）
- 15 磁気ギャップ
- 16 保護膜
- 18 DLC膜
- 21 溝
- 22 レジストパターン
- 23 溝
- 24 アルミナ膜
- 24a 溝

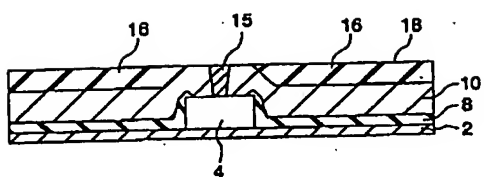
【図1】



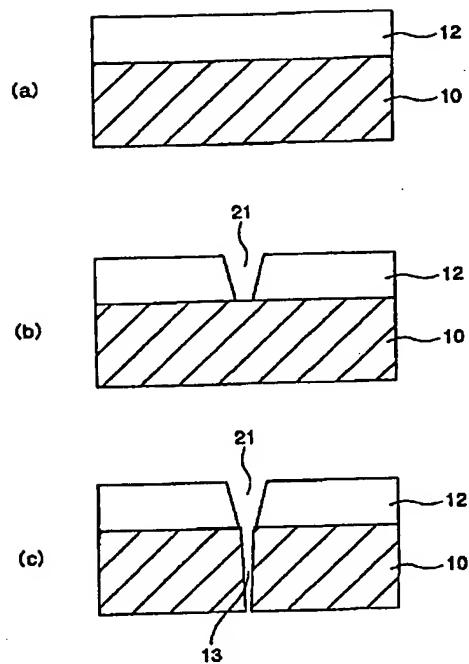
【図2】



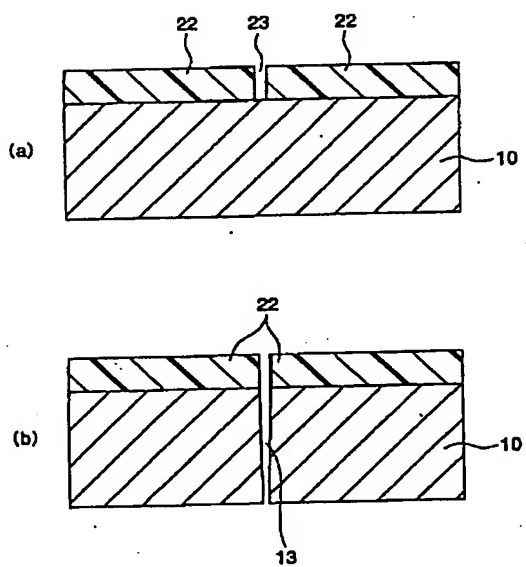
【図3】



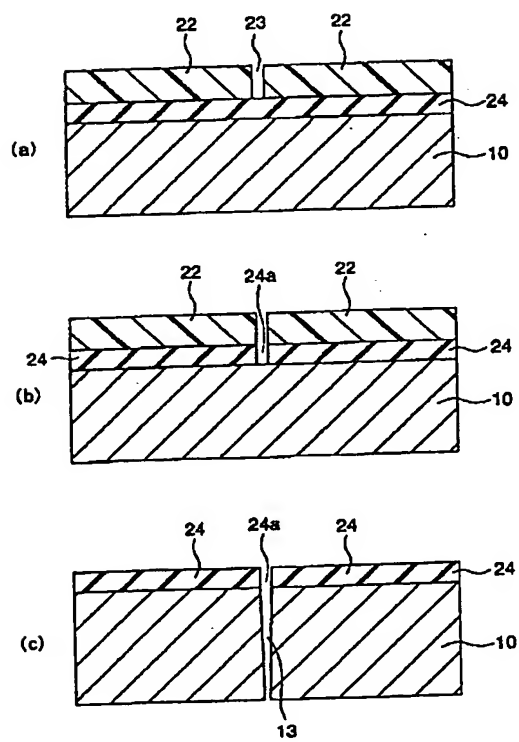
【図4】



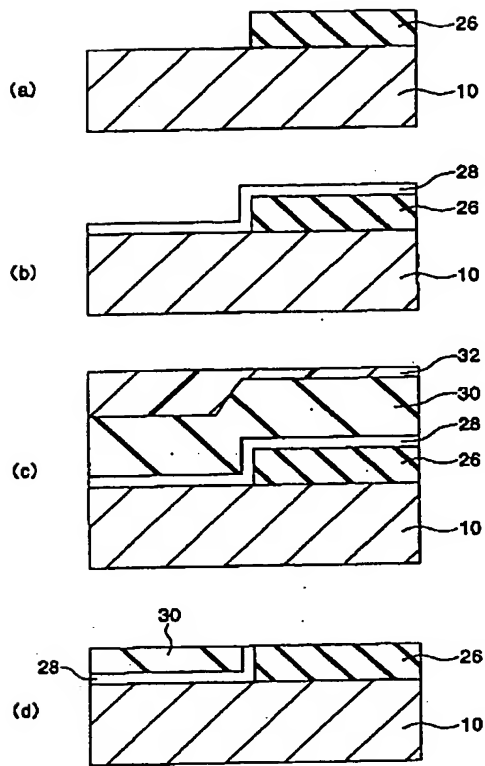
【図5】



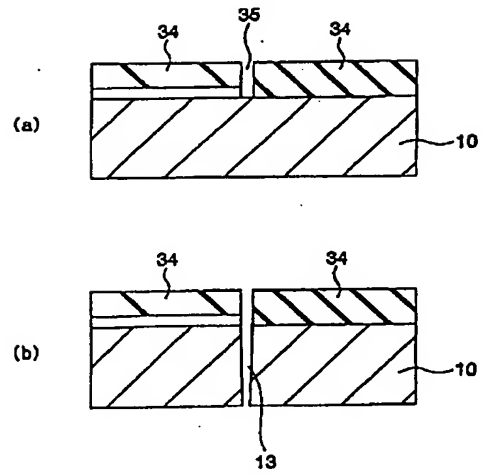
【図6】



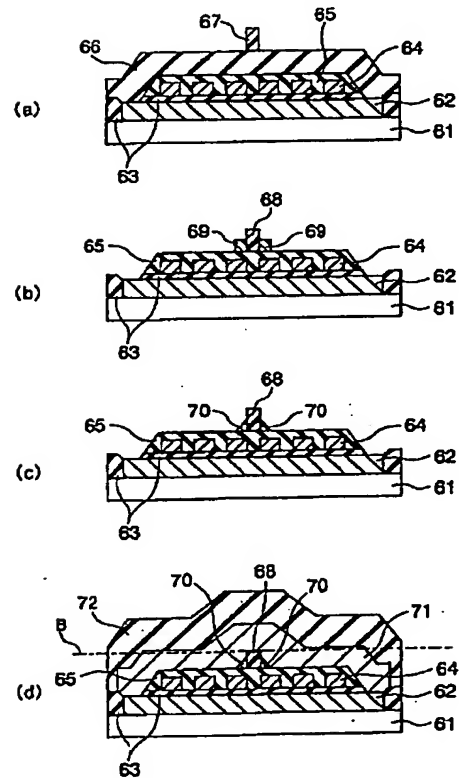
【図7】



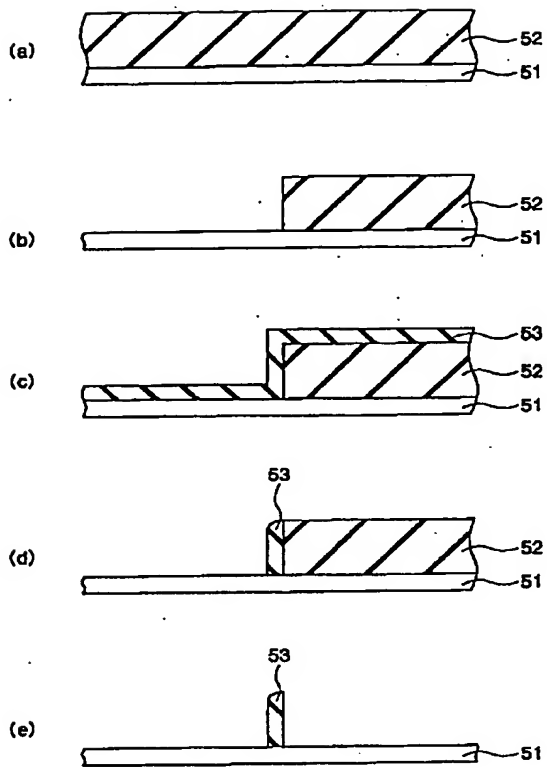
【図8】



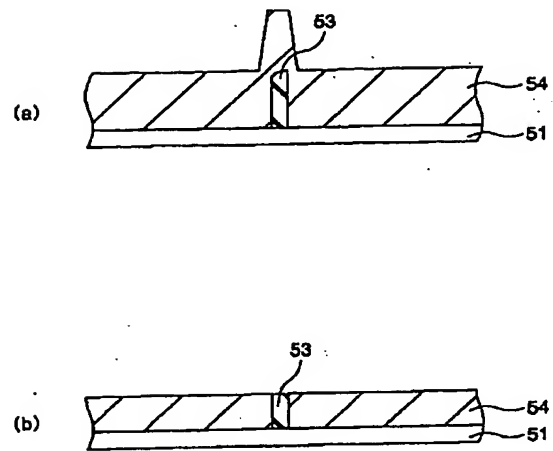
【図9】



【図10】



【図11】




---

フロントページの続き

(72)発明者 大 沢 裕 一  
 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会  
 社東芝研究開発センター内

F ターム(参考) SD033 AA02 BA22 DA08 DA31  
 SD034 AA03 BA18 BA19 CA06 DA07